

# PRODUCTION OF SOI SUBSTRATE

**Publication number:** JP8321594

**Publication date:** 1996-12-03

**Inventor:** NAKAI TETSUYA; SHINGYOUCHI TAKAYUKI

**Applicant:** MITSUBISHI MATERIALS CORP; MITSUBISHI MATERIAL SILICON

**Classification:**

- international: **H01L21/76; H01L21/02; H01L21/265; H01L21/324; H01L27/00; H01L27/12; H01L21/70; H01L21/02; H01L27/00; H01L27/12; (IPC1-7): H01L27/00; H01L27/12; H01L21/265; H01L21/324; H01L21/76**

- european:

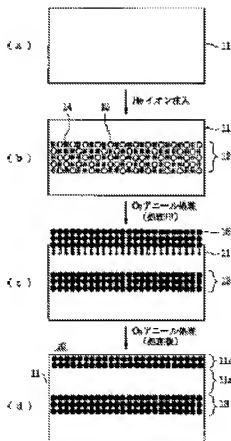
**Application number:** JP19960062534 19960319

**Priority number(s):** JP19960062534 19960319; JP19950060219 19950320

## Abstract of JP8321594

**PURPOSE:** To suppress dislocation defect of an Si layer in the vicinity of surface of a substrate by implanting He ions, which do not react on silicon in the vacuum, into a silicon substrate to form a region damaged by ion implantation in the substrate and then subjecting the substrate to high temperature annealing in oxidizing atmosphere.

**CONSTITUTION:** He ions, H ions, Ar ions or Si ions are implanted into a silicon substrate in the vacuum to form a region 12 damaged by ion implantation. In the region 12, a silicon atom is discharged from the lattice position to produce an interstitial silicon atom 14 and a hole 15 is formed at the lattice position. When the silicon substrate 11 is annealed at 1000-1400 deg. C in oxidizing atmosphere, oxygen atoms 16 are diffused through diffusion control into the substrate while oxidizing an Si layer on the surface of substrate to form an oxide layer 11c. He and the like does not react on silicon and discharged to the outside of substrate in the atmosphere and the diffused oxygen forms SiO<sub>x</sub> preferentially because of the holes 15 existing in the region 12 damaged by ion implantation.



特開平8-321594

(43) 公開日 平成8年(1996)12月3日

(51) Int. Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 27/12			H 0 1 L 27/12	E
			21/265	Z
			21/324	
			27/00	3 0 1 S
			21/76	Q
// H 0 1 L 27/00	3 0 1		21/265	J
審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 8 頁) 最終頁に続く				

(21) 出願番号 特願平8-62534

(22) 出願日 平成8年(1996)3月19日

(31) 優先権主張番号 特願平7-60219

(32) 優先日 平7(1995)3月20日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000006264

三菱マテリアル株式会社

東京都千代田区大手町1丁目5番1号

(71) 出願人 000228925

三菱マテリアルシリコン株式会社

東京都千代田区大手町一丁目5番1号

(72) 発明者 中井 哲弥

埼玉県大宮市北袋町1丁目297番地 三菱

マテリアル株式会社総合研究所内

(72) 発明者 新行内 隆之

埼玉県大宮市北袋町1丁目297番地 三菱

マテリアル株式会社総合研究所内

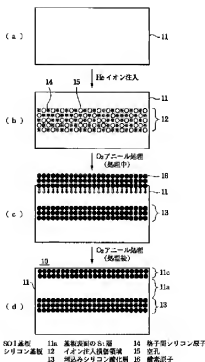
(74) 代理人 弁理士 須田 正義

(54) 【発明の名称】 SOI基板の製造方法

(57) 【要約】

【課題】 基板表面の活性領域のS1層に転位欠陥を形成しにくい。比較的低い加速電圧により、基板表面粗さを小さくして、かつ所定の深さ領域に境界が急峻で層厚の小さな埋込みシリコン酸化層を形成し得る。また基板中の重金風を低減し得る。

【解決手段】 シリコン基板11に真空中で少なくともHeイオン等のシリコンに反応しないイオンを注入することによりシリコン基板11内部にイオン注入損傷領域12を形成した後、イオン注入損傷領域12が形成されたシリコン基板11を酸性性雰囲気中で1000℃～1400℃の温度でアニール処理してシリコン基板11表面から所定の深さの領域に埋込みシリコン酸化層13を形成して基板表面に単結晶S1層11aを形成する。



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 シリコン基板(11)に真空中で少なくともHeイオン、Hイオン、Arイオン又はSiイオンを注入することにより前記シリコン基板(11)内部にイオン注入損傷領域(12)を形成する工程と、

前記イオン注入損傷領域(12)が形成されたシリコン基板(11)を酸化性雰囲気中で1000℃～1400℃の温度でアニール処理して前記シリコン基板(11)表面から所定の深さの領域に埋込みシリコン酸化層(13)を形成して前記基板表面に単結晶Si層(11a)を形成する工程とを含むことを特徴とするSOI基板の製造方法。

【請求項2】 シリコン基板(11)に真空中で少なくともHeイオン又はHイオンを注入することにより前記シリコン基板(11)内部にイオン注入損傷領域(12)を形成する工程と、

前記イオン注入損傷領域(12)が形成されたシリコン基板(11)を800℃～1000℃の温度でアニール処理して前記領域(12)に注入されたHe原子又はH原子を前記領域(12)より放出して空孔領域(15)を形成する工程と、

前記空孔領域(15)が形成されたシリコン基板(11)を酸化性雰囲気中で1000℃～1400℃の温度でアニール処理して前記シリコン基板(11)表面から所定の深さの領域に埋込みシリコン酸化層(13)を形成して前記基板表面に単結晶Si層(11a)を形成する工程とを含むことを特徴とするSOI基板の製造方法。

【請求項3】 シリコン基板(21)に真空中で少なくともHeイオン又はHイオンを注入することにより前記シリコン基板(21)内部にイオン注入損傷領域(22)を形成する工程と、

前記イオン注入損傷領域(22)が形成されたシリコン基板(21)を800～1400℃の温度でアニール処理して前記領域(22)に注入されたHe原子又はH原子を前記領域(22)より放出して空孔領域(23)を形成する工程と、

前記シリコン基板(21)内部に酸素イオンを注入して前記空孔領域(23)を中心にSiO<sub>x</sub>領域(24)を形成する工程と、

前記SiO<sub>x</sub>領域(24)が形成されたシリコン基板(21)を酸化性雰囲気中で1000℃～1400℃の温度でアニール処理して前記シリコン基板(21)表面から所定の深さの領域に埋込みシリコン酸化層(26)を形成して前記基板表面に単結晶Si層(21a)を形成する工程とを含むことを特徴とするSOI基板の製造方法。

【請求項4】 アニール処理して埋込みシリコン酸化層(13, 26)を形成した後にシリコン基板(11, 21)表面を研磨する工程を更に含む請求項1～3いずれか記載のSOI基板の製造方法。

【請求項5】 注入するイオンがHeイオン又はHイオンであるとき、そのイオン注入時のドーズ量が $1 \times 10^{16} / \text{cm}^2 \sim 5 \times 10^{17} / \text{cm}^2$ で、加速電圧が40 kV $\sim$ 200 kVである請求項1～4いずれか記載のSOI

2

## OI基板の製造方法。

【請求項6】 埋込シリコン酸化層(13, 26)を形成するためのアニール処理が酸化性雰囲気中、10～100気圧下で行われる請求項1ないし5いずれか記載のSOI基板の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は絶縁層上にシリコン層を形成するSOI (Silicon-On-Insulator) 基板の製造方法に関する。更に詳しくはSIMOX (Separation by Implanted Oxygen) 技術によるSOI基板の製造方法に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 SOI基板は将来の超高集積回路(ULSI)基板として注目されてきている。このSOI基板の製造方法には、シリコン基板同士を絶縁膜を介して貼り合わせる方法、絶縁性基板又は絶縁性薄膜を表面に有する基板の上にシリコン薄膜を堆積させる方法、SIMOX法などがある。このSIMOX法は、シリコン基板の内部に絶縁層を埋込む方法の1つであって、具体的にはシリコン基板内部に高濃度の酸素イオンを注入した後、高温でアニール処理してこのシリコン基板表面から所定の深さの領域に埋込みシリコン酸化層を形成し、その表面側のSi層を活性領域とする方法である。このSIMOX法ではシリコン基板内部に酸素を一度に過剰にイオン注入することにより、格子位置のシリコン原子を放出して格子間シリコン原子にするとともに格子位置に空孔を形成する。引き続いて、高温アニール処理してシリコン基板を体積膨張させることにより、注入した酸素イオンと格子間シリコン原子を再配列させてイオン注入損傷領域に極めて短時間のうちにシリコン酸化層を析出させる。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】 しかし、上記従来のSIMOX法では過剰な格子間シリコン原子により微小欠陥を生じ、この微小欠陥は高温アニール処理による再配列時に基板表面近傍で成長して転位欠陥を形成し易い不具合があった。また上記方法ではイオン注入する酸素の原子量が比較的大きく、このために高い加速電圧を要することから、注入した基板表面からの深さ方向に酸素濃度が広く分布し易く、しかも基板表面が粗くなり、埋込みシリコン酸化層の境界が急峻でない傾向があった。特に埋込みシリコン酸化層を基板表面から深く形成しようとするとその傾向が顕著であった。換言すれば、酸素イオン注入の場合には、SOI基板の表面粗さが大きく、しかもイオン注入損傷領域が広くなり易く、その分だけアニール処理で所定の深さ領域に境界が急峻な埋込みシリコン酸化層を形成することが困難であった。更に上記方法では酸素イオン注入の際に、イオン注入装置からF、e、N、Cu、Zn、Crなどの重金属が不純物とし

3

でシリコン基板の表面近傍に高い濃度で侵入し易い。これらの重金属が基板表面の活性領域のS1層に存在するとデパイスとなつたときの電気特性に大きな影響を及ぼす問題点があった。

【0004】本発明の目的は、基板表面の活性領域のS1層に転位欠陥を形成しにくいSOI基板の製造方法を提供することにある。本発明の別の目的は、比較的低い加速電圧により、基板表面粗さを小さくして、かつ所定の深さ領域に境界が急峻で層厚の小さな埋込みシリコン酸化層を形成し得るSOI基板の製造方法を提供することにある。本発明の更に別の目的は、基板中の重金属を低減し得るSOI基板の製造方法を提供することにある。

【0005】

【課題を解決するための手段】請求項1に係る発明は、図1(a)～図1(d)に示すように、シリコン基板11に真空中で少なくともHeイオン、Hイオン、Arイオン又はS1イオンを注入することによりシリコン基板11内部にイオン注入損傷領域12を形成する工程と、イオン注入損傷領域12が形成されたシリコン基板11を酸化性雰囲気中で1000℃～1400℃の温度でアニール処理してシリコン基板11表面から所定の深さの領域に埋込みシリコン酸化層13を形成して基板表面に単結晶S1層11aを形成する工程とを含むSOI基板10の製造方法である。

【0006】図1(a)に示すシリコン基板11に真空中でHeイオン、Hイオン、Arイオン又はS1イオンを注入すると、図1(b)に示すようにイオン注入損傷領域12が形成され、このイオン注入損傷領域12では格子位置のシリコン原子が放出されて格子間シリコン原子14(図中、※印で示す)になるとともに格子位置に空孔15(図中、○印で示す)が形成される。続いて酸化性雰囲気中で1000℃～1400℃の温度でこのシリコン基板11をアニール処理すると、図1(c)及び図1(d)に示すように酸素原子16(図中、●印で示す)は基板表面でS1層を酸化することにより酸化層11cを形成しつつ基板内部に拡散律速により拡散していく。He等はシリコンと反応しないため、雰囲気中の基板外に放出される。拡散してきた酸素原子はイオン注入損傷領域12の空孔15の存在により優先的にSiOxを形成する。この拡散律速により酸化が進行するために格子間シリコン原子の急激な発生はなく、微小欠陥は殆ど発生せず、転位欠陥を抑制することができるとする。

【0007】請求項2に係る発明は、図2(a)～図2(e)に示すように、シリコン基板11に真空中で少なくともHeイオン又はHイオンを注入することによりシリコン基板11内部にイオン注入損傷領域12を形成する工程と、イオン注入損傷領域12が形成されたシリコン基板11を800℃～1000℃の温度でアニール処理してイオン注入損傷領域12に注入されたHe原子又

4

はH原子をこの損傷領域12より放出して空孔領域15を形成する工程と、この空孔領域15が形成されたシリコン基板11を酸化性雰囲気中で1000℃～1400℃の温度でアニール処理してシリコン基板11表面から所定の深さの領域に埋込みシリコン酸化層13を形成してシリコン基板表面に単結晶S1層11aを形成する工程とを含むSOI基板10の製造方法である。この方法によれば、S1原子(図中、s印で囲んで表す)が配列したシリコン基板を800℃～1000℃の温度でアニール処理することにより、He原子又はH原子(図中、h印で囲んで表す)を確実に基板外に放出し、それに伴って生じた空孔領域15に酸素原子(図中、●印で示す)が酸化性雰囲気中のアニール処理により侵入してSiOxを形成するため、埋込みシリコン酸化層をより一層安定して形成することができる。

【0008】請求項3に係る発明は、図3(a)～図3(e)に示すように、シリコン基板21に真空中で少なくともHeイオン又はHイオンを注入することによりシリコン基板21内部にイオン注入損傷領域22を形成する工程と、イオン注入損傷領域22が形成されたシリコン基板21を800℃～1400℃の温度でアニール処理してイオン注入損傷領域22に注入されたHe原子又はH原子をこの領域22より放出して空孔領域23を形成する工程と、シリコン基板21内部に酸素イオンを注入して空孔領域23を中心にSiOx領域24を形成する工程と、SiOx領域24が形成されたシリコン基板21を酸化性雰囲気中で1000℃～1400℃の温度でアニール処理してシリコン基板21表面から所定の深さの領域に埋込みシリコン酸化層26を形成してシリコン基板表面に単結晶S1層21aを形成する工程とを含むSOI基板20の製造方法である。この方法によれば、基板外へのHe原子又はH原子(図中、h印で囲んで表す)の放出により生じた空孔領域23に酸素原子(図中、●印で示す)がイオン注入により侵入してSiOxを形成するため、請求項1又は2に係る発明に比べて埋込みシリコン酸化層を更に一層安定して形成することができる。

【0009】請求項4に係る発明は、請求項1～3いずれかに係る発明であって、アニール処理して埋込シリコン酸化層13、26を形成した後シリコン基板11、21表面を研磨する工程を更に含むSOI基板の製造方法である。この方法によれば、基板の表面粗さをより小さくすることができ、マイクロラフネスより小さい単結晶S1層11a、21aが得られる。請求項5に係る発明は、請求項1～4いずれかに係る発明であって、注入するイオンがHeイオン又はHイオンであるとき、そのイオン注入時のドーズ量が $1 \times 10^{16} / \text{cm}^2 \sim 5 \times 10^{17} / \text{cm}^2$ で、加速電圧が40keV～200keVであるSOI基板の製造方法である。請求項6に係る発明は、請求項1～5いずれかに係る発明であって、埋

込シリコン酸化層13、26を形成するためのアニール処理が酸化性雰囲気中、10〜100気圧下で行われるSOI基板の製造方法である。この方法によれば、埋込みシリコン酸化層をより一層安定して形成することができる。

#### 【0010】

【発明の実施の形態】本発明において、注入するイオンがA<sup>+</sup>イオン又はS<sup>+</sup>イオンの場合には、A<sup>+</sup>又はS<sup>+</sup>の原子量はHeと比べて大きいため、埋込みシリコン酸化層の表面からの深さに応じてそのイオン注入時のドーズ量は $1 \times 10^{15} / \text{cm}^2 \sim 1 \times 10^{17} / \text{cm}^2$ であり、このときの加速電圧は150keV〜200keVである。本発明のイオン注入時の基板温度は500℃〜700℃が好ましく、600℃が更に好ましい。アニール処理は、酸化性雰囲気中、1000℃〜1400℃の温度範囲で1〜8時間行われる。この処理温度は1300℃〜1400℃が好ましく、1350℃が更に好ましい。またその時間は4〜8時間が好ましく、6時間程度が更に好ましい。酸化性雰囲気としては、10〜100％濃度の酸素雰囲気挙げられ、100％濃度に近い高濃度の酸素雰囲気が好ましい。またイオン注入損傷領域に注入されたHe原子又はH原子をこの損傷領域より放出して空孔領域を形成するためのアニール処理の雰囲気は0.5〜3％O<sub>2</sub>、残部不活性ガスの混合ガス雰囲気が好ましい。酸素を僅かに含むのは、基板表面の荒れを防ぐためである。シリコン基板の表面研磨はシリコンウェーハ用研磨機、レンズ研磨機などにより行われる。この研磨では基板表面が厚さ500Åストローム〜5000Åストローム、好ましくは1000Åストローム程度の深さ磨減させることが望ましい。

【0011】特に注入イオンがHeイオン又はHイオンの場合には、He、Hは原子量が小さいため、従来の酸素イオン注入と比べて、基板の表面近傍のS<sup>+</sup>層の転位欠陥が生じにくくなると同時に酸素イオンよりも低い加速電圧で所定の深さにイオン注入損傷領域を形成することができる。この加速電圧が低いことに起因して、イオン注入損傷領域に境界が急峻で層厚の小さな埋込みシリコン酸化層を形成し易くなり、結果としてSiO<sub>2</sub>の析出制御が容易となる。またイオン注入時にS<sup>+</sup>層表面のスパッタリングが減少し、基板の表面粗さが小さくなる。同時に装置内壁のスパッタリングが大幅に低減され、基板への重金属の汚染が低減される。

#### 【0012】

【実施例】次に、本発明の実施例を比較例とともに図面に基いて詳しく説明する。

＜実施例1＞図1(a)及び(b)に示すように、厚さ6.25μmのシリコン基板11の所定の領域に次の条件でHeイオン(He<sup>+</sup>)を注入した。

加速電圧: 40 keV

ドーズ量:  $1.0 \times 10^{17} / \text{cm}^2$

基板加熱温度: 600℃

このイオン注入によりシリコン基板11の表面から約0.3μmのイオン注入損傷領域12が形成された。イオン注入後、図1(c)及び(d)に示すようにシリコン基板11を酸素(100％)の雰囲気中で1325℃、8時間アニール処理を施して、上記イオン注入損傷領域12を埋込シリコン酸化層13に変え、SOI基板10を得た。11aは基板表面側のS<sup>+</sup>層、11bは基板裏面側のS<sup>+</sup>層をそれぞれ示す。

【0013】＜実施例2＞加速電圧を60keVにした以外は実施例1と同様にしてイオン注入損傷領域を埋込みシリコン酸化層に変えたSOI基板を得た。

【0014】＜実施例3＞実施例1のHeイオン(He<sup>+</sup>)の代わりに次の条件でHイオン(H<sup>+</sup>)を注入した。

加速電圧: 40 keV

ドーズ量:  $1 \times 10^{17} / \text{cm}^2$

基板加熱温度: 600℃

このイオン注入によりシリコン基板の表面から約0.5μmのイオン注入損傷領域が形成された。イオン注入後、イオン注入損傷領域を形成したシリコン基板を実施例1と同様にして高温でアニール処理を施して、上記イオン注入損傷領域を埋込シリコン酸化層に変え、SOI基板を得た。

【0015】＜実施例4＞実施例1のHeイオン(He<sup>+</sup>)の代わりに次の条件でA<sup>+</sup>イオン(A<sup>+</sup>)を注入した。

加速電圧: 200 keV

ドーズ量:  $5 \times 10^{16} / \text{cm}^2$

基板加熱温度: 600℃

このイオン注入によりシリコン基板の表面から約0.2μmのイオン注入損傷領域が形成された。イオン注入後、イオン注入損傷領域を形成したシリコン基板を実施例1と同様にして高温でアニール処理を施して、上記イオン注入損傷領域を埋込シリコン酸化層に変え、SOI基板を得た。

【0016】＜実施例5＞実施例1のHeイオン(He<sup>+</sup>)の代わりに次の条件でS<sup>+</sup>イオン(S<sup>+</sup>)を注入した。

加速電圧: 200 keV

ドーズ量:  $1 \times 10^{17} / \text{cm}^2$

基板加熱温度: 600℃

このイオン注入によりシリコン基板の表面から約0.3μmのイオン注入損傷領域が形成された。イオン注入後、イオン注入損傷領域を形成したシリコン基板を実施例1と同様にして高温でアニール処理を施して、上記イオン注入損傷領域を埋込シリコン酸化層に変え、SOI基板を得た。

【0017】＜実施例6＞図2(a)及び(b)に示すように、厚さ6.25μmのシリコン基板11の所定の領域に次の条件でHeイオン(He<sup>+</sup>)を注入した。

7

加速電圧: 40 keV

ドーピング:  $1 \times 10^{17} / \text{cm}^2$ 

基板加熱温度: 600°C

このイオン注入によりシリコン基板11の表面から約0.3  $\mu\text{m}$ のイオン注入損傷領域12が形成された。イオン注入後、図2(c)及び(d)に示すようにシリコン基板11をAr 99%でO<sub>2</sub> 1%の混合ガス雰囲気中で1000°C、1時間アニール処理を施して、イオン注入損傷領域12に注入されたHe原子をこの損傷領域12より放出して空孔領域15を形成し、この空孔領域15が形成されたシリコン基板11を酸素(100%)雰囲気中で1325°Cの温度でアニール処理してシリコン基板11表面から所定の深さの領域に埋込みシリコン酸化層13に変え、SOI基板10を得た。11aは基板表面側のSi層、11bは基板裏面側のSi層をそれぞれ示す。

【0018】<実施例7>加速電圧を60 keVにした以外は実施例6と同様にして空孔領域を埋込みシリコン酸化層に変えたSOI基板を得た。

【0019】<実施例8>実施例6のHeイオン(He<sup>+</sup>)の代わりに次の条件でHイオン(H<sup>+</sup>)を注入した。

加速電圧: 40 keV

ドーピング:  $1 \times 10^{17} / \text{cm}^2$ 

基板加熱温度: 600°C

このイオン注入によりシリコン基板の表面から約0.5  $\mu\text{m}$ のイオン注入損傷領域が形成された。イオン注入後、イオン注入損傷領域を形成したシリコン基板を実施例6と同様に処理してSOI基板を得た。

【0020】<比較例1>厚さ625  $\mu\text{m}$ のシリコン基板の所定の領域(例えば、基板表面から約0.4  $\mu\text{m}$ の領域)に次の条件で酸素イオン(O<sup>+</sup>)を注入した。

加速電圧: 120 keV

ドーピング:  $0.4 \times 10^{18} / \text{cm}^2$ 

基板加熱温度: 600°C

シリコン基板11に酸素イオン注入した後、Ar 97%でO<sub>2</sub> 3%の混合ガス雰囲気中で1325°C、6時間シリコン基板をアニール処理してSOI基板を得た。

【0021】<実施例9>図3(a)及び(b)に示すように、厚さ625  $\mu\text{m}$ のシリコン基板21の所定の領域に次の条件でHeイオン(He<sup>+</sup>)を注入した。

加速電圧: 40 keV

ドーピング:  $1 \times 10^{17} / \text{cm}^2$ 

基板加熱温度: 600°C

このイオン注入によりシリコン基板21の表面から約0.3  $\mu\text{m}$ のイオン注入損傷領域22が形成された。イオン注入後、図3(c)及び(d)に示すようにシリコン基板21をAr 99%でO<sub>2</sub> 1%の混合ガス雰囲気中で1325°C、2時間アニール処理を施して、イオン注入損傷領域22に注入されたHe原子をこの損傷領域22より放出して空孔領域23を形成した。

8

【0022】引き続き、次の条件でシリコン基板21内部に酸素イオン(O<sup>+</sup>)を注入した。

加速電圧: 150 keV

ドーピング:  $4 \times 10^{17} / \text{cm}^2$ 

基板加熱温度: 600°C

シリコン基板21に酸素イオン注入した後、Ar 99%でO<sub>2</sub> 1%の混合ガス雰囲気中で1360°C、4時間シリコン基板をアニール処理を施してSOI基板を得た。

【0023】<実施例10>イオン注入損傷領域22を形成したシリコン基板21をAr 99%でO<sub>2</sub> 1%の混合ガス雰囲気中で1000°C、2時間アニール処理を施した以外は、シリコン基板を実施例9と同様に処理してSOI基板を得た。

【0024】&lt;評価&gt;

(a) 欠陥の密度

実施例1～実施例10と比較例1の各SOI基板の基板表面のSi層中の転位欠陥密度を測定した。この転位欠陥密度はSOI基板を酸化クロムを含む溶液により基板表面をエッチングし、エッチングで拡大した転位欠陥を電子顕微鏡で観察することにより求めた。その結果を表1に示す。

【0025】

【表1】

(単位:個/cm<sup>2</sup>)

	転位欠陥密度
実施例1	10
" 2	<10
" 3	<10
" 4	10 <sup>3</sup>
" 5	10 <sup>4</sup>
" 6	10
" 7	<10
" 8	<10
" 9	<10
" 10	10
比較例1	10 <sup>3</sup>

【0026】表1から明らかなように、酸素イオン注入後にArとO<sub>2</sub>の混合ガス雰囲気中で高温アニール処理した比較例1の転位欠陥密度と比べて、Siと反応しないHe、H、Ar、Siのイオンを注入した後にO<sub>2</sub>雰囲気又はArとO<sub>2</sub>の混合ガス雰囲気中で高温アニール処理した実施例1～実施例10の転位欠陥密度は、いずれも小さかった。特に軽い元素であるHeとHをイオン注入した実施例1～実施例3、実施例6～実施例10の転位欠陥密度は極めて小さかった。

【0027】(b) SOI基板の表面粗さ

実施例1、実施例6、実施例9及び比較例1の各SOI基板表面の2  $\mu\text{m} \times 2 \mu\text{m}$ の領域における表面粗さを原子間力顕微鏡を用いて測定した。その結果を表2に示

す。表2において、Raは表面粗さのうち平均粗さ、Rmaxは最大高さ、Rzは十点平均粗さを意味する。

【0028】

【表2】

(単位: nm)

	Ra	Rmax	Rz
実施例1	0.06	0.40	0.25
" 6	0.05	0.37	0.22
" 9	0.06	0.35	0.23
比較例1	0.36	1.48	0.74

\*

重金属の濃度 ( $\times 10^{10}$ atoms/cm <sup>2</sup> )										
実施例1					比較例1					
Fe	Ni	Cu	Zn	Cr	Fe	Ni	Cu	Zn	Cr	
<1	5	3	<1	<1	10	120	200	<1	2	

【0032】表3から明らかなように、比較例1のSOI基板の表面S1層では特にFe、Ni、Cuの重金属の汚染が顕著であるのに対して、実施例1の表面S1層ではこれらの重金属濃度が減少していた。

【0033】(d) 埋込みシリコン酸化層の境界

実施例1、実施例2、実施例6、実施例7、実施例9、実施例10及び比較例1の各SOI基板の断面を透過電子顕微鏡で観察し、埋込みシリコン酸化層の境界の急峻性を観察した。その結果、比較例1の埋込みシリコン酸化層の境界がそれ程急峻でないのに対して、実施例1、2、6、7、9、10の埋込みシリコン酸化層の境界は急峻であった。特に実施例1、実施例6の埋込みシリコン酸化層は加速電圧が実施例2、実施例7よりそれぞれ低いため、実施例2、実施例7より急峻であった。

【0034】

【発明の効果】以上述べたように、本発明のSOI基板の製造方法によれば、シリコン基板に真空中でシリコンと反応しないHeイオン等を注入して基板内部にイオン注入損傷領域を形成した後、この基板を酸性雰囲気中で高温でアニール処理するか、又はこの高温のアニール処理の前に別のアニール処理をして空孔領域を形成するか、又はこの空孔領域を形成した後、酸素イオンを注入することにより、酸素原子が基板内部に拡散律速により拡散し、イオン注入により形成された空孔の存在により優先的にイオン注入損傷領域に埋込みシリコン酸化層を形成することができる。従来の酸素イオン注入が極めて短時間に埋込みシリコン酸化層を形成して格子間シリコン原子を急激に生じていたのに対して、この酸化は拡散律速で進行するため、格子間シリコン原子の急激な発生はなく、転位欠陥を抑制することができる。特に注入イ

\* 【0029】表2から明らかなように、比較例1のSOI基板の表面粗さは著しく大きかったのに対して、実施例1、実施例6及び実施例9のSOI基板の表面粗さは小さくなり、初期のシリコンウェーハ程度であった。

【0030】(c) 重金属の濃度

実施例1及び比較例1のアニール処理後の各SOI基板の表面S1層中の重金属の濃度を原子吸収法により測定した。その結果を表3に示す。

【0031】

10 【表3】

20 オンがHeイオン又はHイオンのような原子量小さい元素のイオンである場合には、より一層基板の表面近傍のS1層の転位欠陥が生じにくくなるとともに、酸素イオンに比べて低い加速電圧で所定の深さにイオン注入損傷領域を形成できる。換言すれば、同じ加速電圧でも酸素イオン注入と比べて本発明のイオン注入ではより深い領域に埋込みシリコン酸化層を形成することができる。この低い加速電圧で境界が急峻で層厚の小さな埋込みシリコン酸化層の形成を容易にし、SiO<sub>2</sub>の析出制御を容易にする。またイオン注入時にS1層表面のスパッタリングが減少し、基板の表面粗さが小さくなる。同時に装置内壁のスパッタリングが大幅に低減され、基板への重金属の汚染が低減される。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例のSOI基板の製造方法を模式的に示す図。

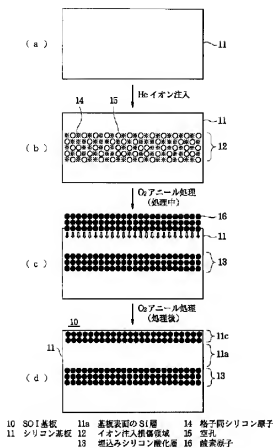
【図2】本発明の別の実施例のSOI基板の製造方法を模式的に示す図。

【図3】本発明の更に別の実施例のSOI基板の製造方法を模式的に示す図。

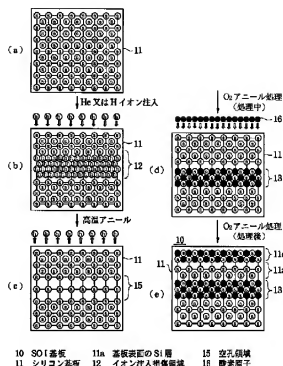
40 【符号の説明】

- 10、20 SOI基板
- 11、21 シリコン基板
- 11a、21a 基板表面のSi層
- 12、22 イオン注入損傷領域
- 13、26 埋込みシリコン酸化層
- 14 格子間シリコン原子
- 15、23 空孔領域
- 16、25 酸素原子
- 24 SiO<sub>x</sub>領域

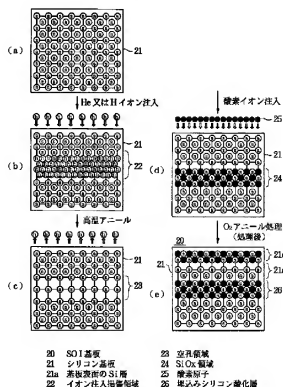
【図1】



【図2】



【図3】





フロントページの続き

(51) Int. Cl. \*

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H 0 1 L 21/76

R